

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komoditas Hortikultura terus dilakukan pengembangan, hal ini dikarenakan komoditas tersebut memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Namun belum terwujudnya ragam, kuantitas, kualitas sehingga menyebabkan terhambatnya upaya pengembangan ini (saptana *et al*, 2012). Nanas (*Ananas comosus* [L.] Merr) sebagai salah satu komoditas hortikultura andalan dalam perdagangan buah tropik terutama di Indonesia, rata-rata konsumsi buah nanas di indonesia adalah 6.132.695 ton pertahun (Zohratun *et al*, 2013). Buah nanas termasuk komoditas yang mudah rusak (*perishable food*) dengan kandungan air yang tinggi sebesar 90.73% dalam 100 gram bahan. Selain kandungan air terdapat pengaruh kerusakan pangan yakni kerusakan warna buah yang cepat sekali mengalami perubahan oleh pengaruh fisika misalnya sinar matahari dan pemotongan, serta pengaruh biologis (jamur) sehingga mudah menjadi busuk (Juansah *et al*, 2009).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pengolahan yakni dalam bentuk sari buah, adapun tata cara proses pembuatan sari buah yakni melakukan proses pengolahan dari buah segar menjadi sebuah produk sari buah dengan menghancurkan buah hingga menjadi sari dan menambahkan bahan-bahan tambahan untuk menunjang rasa

pada produk kemudian juga dilakukannya beberapa *treatment* agar masa simpannya relatif panjang (LIPI, 2009). *Treatment* Untuk memperpanjang umur simpan sari buah nanas yakni dilakukannya pasteurisasi yang bisa dilakukan secara termal dan *non termal*. Menurut Liani (2014), pasteurisasi sebuah proses yang telah banyak dilakukan di industri pengolahan pangan hal ini karena mampu menginaktivasi enzim dan menekan jumlah mikroba. Pasteurisasi termal terdapat kelemahan yakni dapat merusak tekstur, rasa, warna serta sifat fisik lainnya yang dapat menurunkan kualitas produk sari buah. Apabila di bandingkan dengan proses pasteurisasi termal, proses pasteurisasi *non termal* ini mampu mempertahankan kualitas produk pangan namun dalam penurunan jumlah mikroba penyebab kerusakan bahan pangan perlu adanya pengkajian yang lebih lanjut.

Pulsed Electric Field (PEF) biasanya menggunakan tegangan tinggi (20-80 kV/cm) dengan waktu yang singkat. Pemberian tegangan di proses pasteurisasi (PEF) sangat mempengaruhi hasil akhir produk, oleh sebab itu perlunya penelitian mendalam mengenai perbedaan pemberian tegangan pada proses pasteurisasi tersebut sehingga mengetahui hasil akhir produk terbaik yang mampu mempertahankan kualitas sensoris, fisik kimiawi dan penurunan jumlah mikroba yang mana mempertahankan umur simpan pangan (sari buah nanas).

Selain faktor pemberian tegangan pada proses pasteurisasi *Pulsed Electric Field (PEF)* terdapat faktor lain yang mempengaruhi hasil akhir produk yakni pemberian frekuensi. Frekuensi berkontribusi terhadap waktu pemrosesan hal ini dikarenakan pemberian frekuensi menyebabkan berkurangnya resistensi membran sel sehingga timbulah kerusakan sel pada produk pangan. Oleh sebab itu perlunya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh perbedaan pemberian frekuensi dalam proses pasteurisasi *Pulsed Electric Field (PEF)* selain untuk bisa mendapatkan hasil produk terbaik juga mampu meminimalisir waktu pemrosesan. Sehingga penelitian dengan judul Pengaruh Tegangan dan Frekuensi pada Pasteurisasi *Pulsed Electric Field (PEF)* Sistem Kontinyu Terhadap Kualitas Sari Buah Nanas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka masalah yang dapat diidentifikasi yaitu :

1. Berapakah pemberian tegangan dan frekuensi yang terbaik dalam proses pasteurisasi PEF (*Pulsed Electric Field*) sistem kontinyu untuk pengolahan sari buah nanas sehingga mampu terjadinya penurunan jumlah mikroorganisme?
2. Berapakah pemberian tegangan dan frekuensi yang terbaik dalam proses pasteurisasi PEF (*Pulsed Electric*

Field) sistem kontinyu untuk pengolahan sari buah nanas sehingga mendapatkan karakteristik fisik-kimiawi terbaik.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pemberian tegangan dan frekuensi yang terbaik dalam proses pasteurisasi PEF (*Pulsed Electric Field*) sistem kontinyu untuk pengolahan sari buah nanas sehingga mampu terjadinya penurunan jumlah mikroorganisme.
2. Mengetahui pemberian tegangan dan frekuensi yang terbaik dalam proses pasteurisasi PEF (*Pulsed Electric Field*) sistem kontinyu untuk pengolahan sari buah nanas sehingga didapatkan karakteristik fisik-kimiawi yang terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi pemerintah
 - Sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan kemandirian industri pangan melalui pemanfaatan bahan pangan lokal.

2. Bagi Masyarakat

- Memberikan informasi masyarakat mengenai pengolahan sari nanas dengan metode pasteurisasi non termal PEF (*Pulsed Electric Field*) dengan harapan adanya pengolahan alternatif untuk industri olahan nanas.

3. Bagi Penelitian selanjutnya

- Dapat menjadi salah satu acuan untuk melakukan penelitian lebih lanjut yang berhubungan dengan pengolahan pasteurisasi *non termal* PEF (*Pulsed Electric Field*) sehingga dapat diperoleh hasil yang jauh lebih baik dari penelitian-penelitian yang sudah ada.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Tidak meneliti mengenai jenis-jenis buah nanas
3. Penelitian tidak membahas biaya yang digunakan pada metode pasteurisasi non termal PEF (*Pulsed Electric Field*) sistem kontinyu dalam pengolahan sari buah nanas

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



II. TINJUAN PUSTAKA

2.1 Sari Buah

Buah dapat diolah menjadi berbagai bentuk minuman seperti anggur, sari buah dan sirup juga makanan lain seperti manisan, dodol, dan keripik (Juansah *et al*, 2009). Pengolahan sari buah memiliki keunggulan apabila dibandingkan dengan pengolahan buah lainnya yakni lebih mudah untuk dicerna dan lebih tahan lama dan kualitas sari buah setara dengan kualitas buahnya. Menurut Khairani *et al* (2016), pengertian sari buah sendiri yaitu cairan yang diperoleh dari memeras buah, baik disaring maupun tidak, yang tidak mengalami fermentasi dan dimaksudkan untuk minuman segar yang langsung dapat diminum. Menurut Widyasari (2007) proses pengolahan sari buah di perusahaan besar dilakukan dengan tahap ekstraksi, klarifikasi, dearasi, pasteurisasi, pengalengan atau pembotolan, pemekatan, dan selanjutnya dilakukan pendinginan.

Beberapa penentu kualitas sari buah adalah kekentalan, kekeruhan, dan kadar padatan terlarutnya. Selain itu faktor yang lebih penting dalam pembuatan sari buah antara lain, buah yang digunakan haruslah buah yang segar, banyak tersedia dan mengandung air yang tinggi (*juicy*), tidak hambar, serta tidak rusak (Liani, 2014). Pada prinsipnya dikenal 2 (dua) macam sari buah yaitu (Juansah, 2009) :

1. Sari buah encer (dapat langsung diminum), yaitu cairan buah yang diperoleh dari pengepresan daging buah, dilanjutkan dengan penambahan air dan gula pasir. Para industri besar, pengawetan sari buah ini dilakukan dengan pasteurisasi, sterilisasi.
2. Sari buah pekat/sirup, yaitu cairan yang dihasilkan dari pengepresan daging buah dan dilanjutkan dengan proses pemekatan, baik dengan cara pendidihan biasa maupun dengan cara lain seperti penguapan dengan hampa udara (*evaporation vacuum*), dan sebagainya. Sirup ini tidak dapat langsung diminum, tetapi harus diencerkan dulu dengan air.

Dalam proses pembuatan sari buah terdapat penambahan gula dan asam sitrat. Menurut Khairani *et al* (2016) penambahan gula berfungsi sebagai pemanis atau penambah cita rasa terhadap produk olahan, disamping itu juga sebagai pengikat komponen *flavor*. Pemanis yang umum digunakan adalah sukrosa (gula pasir) karena manisnya yang bersifat murni dan tidak menimbulkan cita rasa kedua dan penambahan asam sitrat berfungsi sebagai sebagai pemaui rasa, memberikan rasa asam, mengimbangi rasa manis dan pengawet. Syarat mutu minuman sari buah yang akan ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Syarat Mutu Minuman Sari Buah

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan :		
	1.1 Warna	-	Normal
	1.2 Bau	-	Normal, khas buah
	1.3 Rasa	-	Normal, khas buah
2	pH	-	Maksimal 4
3	Padatan terlarut	b/b%	Minimal 10.0/11.0
4	Gula (Sukrosa)	b/b%	Maksimal 5
5	Bahan Tambahan		
	Makanan :		
	5.1 Pengawet	mg/kg	Maksimal 600
	5.2 Pewarna Makanan	mg/kg	Maksimal 300
	5.3 Pemanis Buatan	gr/kg	Maksimal 3
	5.4 Asam Malat	-	Secukupnya
	5.5 Asam Sitrat	-	Secukupnya
6	Cemaran Logam :		
	6.1 Tmbal (Pb)	mg/kg	Maksimal 0,3
	6.2 Tembaga	mg/kg	Maksima 15.0
	6.3 Seng (Zn)	mg/kg	Maksimal 5.0
	6.4 Timah (Sn)	mg/kg	Maksimal 40.0/250
	6.5 Besi (Fe)	mg/kg	Maksimal 15.0
	6.6 Jumlah CU, Zn dan Fe	mg/kg	Maksimal 15.0
7	Cemaran Arsen		Maksimal 0.2
8	Cemaran Mikroba :		
	ALT (30°C, 72 jam)	Koloni/ml	Maksimal 1×10^4
	Koliform	Koloni/ml	Maksimal 2×10^1
	APM <i>Eschericia coli</i>	Per ml	Maksimal < 3/ml
	<i>Salmonella sp.</i>	Per 25 ml	Negatif
	<i>Staphylococcus aureus</i>	Per ml	Negatif
	Kapang dan Khamir	Koloni/ml	Maksimal 1×10^2

SNI 01-3719-1995

2.2 Buah Nanas

Nanas merupakan tanaman semak dengan nama ilmiah *Ananas comosus* (L.) Merr. Tanaman ini berasal dari daratan Amerika Selatan dan selanjutnya berkembang meluas ke seluruh dunia yang beriklim tropis, termasuk Indonesia (Ashari, 2006). Terdapat empat golongan varietas nanas yang beredar di pasaran, yakni golongan Spanish, Queen, Abacaxi, dan Smooth Cayenne (Suyanti, 2010). Menurut anonim (2016), ciri-ciri varietas nanas Cayene (daun halus, tidak berduri, buah besar), Queen (daun pendek berduri tajam, buah lonjong mirip kerucut), Spanyol/Spanish (daun panjang kecil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar) dan Abacaxi (daun panjang berduri kasar, buah silindris atau seperti piramida). Klasifikasi buah nanas (Santoso, 1998) :

Kingdom : Plantae (tumbuh-tumbuhan)
Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Kelas : Angiospermae (berbiji tertutup)
Ordo : Farinosae (Bromeliales)
Famili : Bromiliacea
Genus : *Ananas*
Species : *Ananas comosus* (L) Merr

Panen buah nanas pada umumnya dilakukan setelah tanaman berumur 12-24 bulan sejak tanam. Namun pemanennya juga tergantung pada macam bibit yang digunakan. Bibit yang berasal dari mahkota bunga berbuah pada umur 24 bulan. Sementara tanaman yang berasal dari tunas batang akan dipanen setelah umur 18 bulan sedangkan pada bibit tunas akar setelah umur 12 bulan. Ciri-ciri umum buah nanas yang siap panen adalah : mahkota buah tampak lebih terbuka, tangkai buah menjadi berkerut, mata buah tampak lebih mendatar, besar dan bentuknya bulat, juga timbul bau nanas yang harum dan khas. Panen buah yang matang di pohon (warna kulit buah kuning seluruhnya) menghasilkan kualitas baik, yakni rasanya manis (Santoso, 1998) . Gambar buah nanas yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Buah Nanas (Rukmana, 1996)

Kandungan buah nanas yang terdiri dari sebagian daging buah banyak mengandung gula, vitamin A, vitamin C dan mengandung mineral yang diperlukan tubuh (Collins, 1960).

Kandungan gizi buah nanas dalam 100 gr yang akan ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Syarat Mutu Buah Nanas dalam 100 gr

No	Kandungan Gizi	Jumlah
1	Kalori	52,00 kal
2	Protein	0,40 g
3	Lemak	0,20 g
4	Karbonhidrat	16,00 g
5	Fosfor	11,00 mg
6	Zat Besi	0,30 mg
7	Vitamin A	130,00 mg
8	Vitamin B1	0,08 mg
9	Vitamin C	24,00 mg
10	Air	85,30 g
11	Bagian dapat dimakan (Bdd)	53,00%

Santoso,1998

2.3 Mikroorganisme

Bahan makanan, selain merupakan sumber gizi bagi manusia, juga merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorganisme dalam bahan pangan dapat menyebabkan perubahan yang menguntungkan seperti perbaikan bahan pangan secara gizi, daya cerna ataupun daya simpannya. Selain itu pertumbuhan mikroorganisme dalam bahan pangan juga dapat mengakibatkan perubahan fisik atau kimia yang tidak diinginkan,

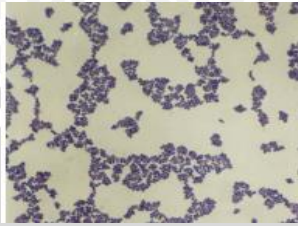
sehingga bahan pangan tersebut tidak layak dikonsumsi. Kejadian ini biasanya terjadi pada pembusukan bahan pangan. Menurut Siagin *et al* (2002), Secara umum, istilah keracunan makanan yang sering digunakan untuk menyebut gangguan yang disebabkan oleh mikroorganisme, mencakup gangguan-gangguan yang diakibatkan termakannya toksin yang dihasilkan organisme-organisme tertentu dan gangguan-gangguan akibat terinfeksi organisme penghasil toksin. Toksin dapat ditemukan secara alami pada beberapa tumbuhan dan hewan atau suatu produk metabolit toksik yang dihasilkan suatu organisme. Dengan demikian, intoksikasi pangan adalah gangguan akibat mengkonsumsi toksin dari bakteri yang telah terbentuk dalam makanan, sedangkan infeksi pangan disebabkan masuknya bakteri ke dalam tubuh melalui makanan yang telah terkontaminasi dan sebagai akibat reaksi tubuh terhadap bakteri atau hasil-hasil metabolismenya.

Bakteri adalah sebuah kelompok mikroorganisme bersel tunggal dengan konfigurasi selular prokariotik (tidak mempunyai selubung inti). Bakteri sebagai makhluk hidup tentu memiliki informasi genetik berupa DNA, tapi tidak terlokalisasi dalam tempat khusus (nukleus) dan tidak ada membran inti. DNA pada bakteri terbentuk sirkuler, panjang dan biasa disebut nukleoid. Bakteri juga memiliki DNA ekstrakromosomal yang tergabung menjadi plasmid yang terbentuk kecil dan sirkuler. (Prasetyo, 2009). Bakteri asam laktat (BAL) adalah kelompok bakteri gram

positif berbentuk kokus atau batang, tidak membentuk spora, suhu optimum $\pm 400^{\circ}\text{C}$, pada umumnya tidak motil, bersifat anaerob, katalase negatif dan oksidase positif, dengan asam laktat sebagai produk utama fermentasi karbohidrat. Sifat-sifat khusus bakteri asam laktat adalah mampu tumbuh pada kadar gula, alkohol, dan garam yang tinggi, mampu memfermentasikan monosakarida dan disakarida (Syahrurachman, 1994). Bakteri asam laktat dapat menyebabkan kerusakan dengan mengasamkan sari buah dan bisa tumbuh dengan cepat didalam sari buah (Liani, 2014). beberapa bakteri (asam laktat) perusak sari buah akan dijelaskan sebagai berikut :

1. ***Streptococcus***

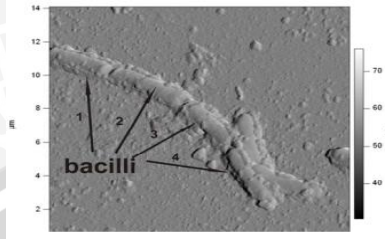
Organisme pengasaman yang paling umum adalah *Streptococcus*. Bakteri ini merupakan bakteri gram positif yang mana membentuk koloni yang dapat lebih mudah dikenali dengan *plate* agar. Terdapat macam-macam varietas dari *Streptococcus lactus* yakni: *S.maltingenes*, *S.holladicus*, dan *S. Anoxyphillus* (Liani, 2014). Gambar *Streptococcus lactus* apabila dilihat dari mikroskop yang akan ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. *Streptococcus* pada mikroskop (Kocsis, 2014)

2. ***Bacillus***

Bakteri yang terbesar dan yang paling banyak memiliki keragaman taksonomis fenotipik ekstrim dan heterogenitas. *Bacillus* saat ini terdiri 268 spesies dan 7 subspecies umumnya ditemukan di lingkungan dimana saja dan saat ini bakteri banyak digunakan sebagai kontaminan laboratorium. beberapa penelitian spesies *Bacillus* telah diketahui menyebabkan infeksi pada manusia. Bakteri yang berbentuk batang yang termasuk dalam kategori bakteri positif ini banyak mengkontaminasi makanan yang menghasilkan banyak asam pada makanan tersebut. Terdapat macam variatas *Bacillus* yakni *B. Cereus*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus megaterium* (Anonim², 2015). Gambar *Bacillus Sibtilis* apabila dilihat dari mikroskop yang akan ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. *Bacillus subtilis* pada Mikroskop (Hekele,2007)

3. **Lactobacillus**

Organisme-organisme ini adalah bakteri berbentuk batang, gram positif dan sering berbentuk pasangan dan rantai dari sel-selnya. Jenis ini umumnya lebih tahan terhadap keadaan asam dari pada jenis-jenis *Pediococcus* atau *Streptococcus* dan oleh karenanya menjadi lebih banyak terdapat pada sayuran, buah-buahan, sari buah dan bubur buah. Varietas dari bakteri ini adalah *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus delbrueckii* (Suardana, 2007). Berikut Gambar *Lactobacillus acidophilus* apabila dilihat dari mikroskop yang akan ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. *Lactobacillus acidophilus* pada Mikroskop
(Suardana, 2007)

2.4 Proses Produksi

Proses produksi merupakan suatu gabungan dari beberapa unit atau elemen yang saling berhubungan dan saling menunjang untuk melaksanakan proses produksi dalam suatu perusahaan tertentu. Menurut Nasution² (2003), proses produksi dapat diartikan sebagai cara, metode dan teknik untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu produk dengan mengoptimalkan sumber daya produksi (tenaga kerja, mesin, bahan baku) yang ada. Macam-macam tipe proses produksi dari berbagai industri dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Proses produksi terus menerus atau kontinyu (*Continue Process*)

Proses produksi terus menerus atau kontinyu adalah proses produksi barang atas dasar aliran produk dari proses operasi berikutnya tanpa penumpukan di suatu titik dalam proses (Yamit, 2003). Proses produksi terus menerus atau kontinyu (*Continue Process*) memiliki

beberapa karakteristik yakni (Pangestu Subagyo, 2000 dalam Setiawati, 2014) :

A. Ciri-ciri proses produksi kontinyu

- 1) Produksi yang dihasilkan dalam jumlah yang besar (produktivitas massa).
- 2) Biasanya menggunakan sistem atau cara penyusunan peralatan berdasarkan urutan pengerjaan dari produk yang dihasilkan.
- 3) Mesin-mesin yang dipakai dalam proses produksi adalah mesin-mesin yang bersifat khusus (*special purpose machines*).
- 4) Apabila terjadi salah satu mesin rusak atau berhenti maka seluruh proses produksi terhenti.
- 5) Persediaan bahan mentah
- 6) Biasanya bahan-bahan dipindahkan dengan menggunakan tenaga mesin.

2. Proses produksi terputus-putus (*Batch Process*)

Merupakan proses produksi yang berjalan terputus-putus. Mesin dan peralatan dipersiapkan untuk menghasilkan suatu barang dan jasa dalam jangka pendek kemudian dapat diubah atau dipersiapkan kembali untuk menghasilkan produk yang lain (Yamit, 2003). Proses terputus-putus (*Batch Process*) memiliki beberapa karakteristik yakni (Setiawati, 2014) :

A. Ciri-ciri proses produksi terputus-putus (*Batch Process*)

- 1) Produk yang dihasilkan dalam jumlah yang sangat kecil didasar atas pesanan.
- 2) Mesinnya bersifat umum dan dapat digunakan mengolah bermacam-macam produk.
- 3) Biasanya menggunakan sistem atau cara penyusunan peralatan berdasarkan atas fungsi dalam proses produksi atau peralatan yang sama, dikelompokkan pada tempat yang sama.
- 4) Proses produksi tidak mudah terhenti walaupun terjadi kerusakan salah satu mesin atau peralatan.
- 5) Persediaan bahan mentah banyak.

2.5 Pasteurisasi

Pasteurisasi adalah pemanasan dengan suhu dan waktu tertentu. Pemanasan pada suhu pasteurisasi dimaksudkan untuk membunuh sebagian kuman patogenik, dengan seminimum mungkin kehilangan gizinya dan mempertahankan semaksimal mungkin sifat fisik dan cita rasa produk segar. Metode pasteurisasi yang umum dilakukan pada salah satu contohnya ialah produk susu ada dua cara, yaitu: *low temperature long time* (LTLT) yakni pasteurisasi pada suhu rendah 62.8° C selama 30 menit, sedangkan metode lain ialah *high temperature short time* (HTST), yakni pemanasan pada suhu tinggi 71.7° C selama 15 detik (Abubakar, 2000). Selama

proses pasterisasi termal tersebut, energi dalam jumlah besar ditransferkan ke makanan. Energi ini dapat menyebabkan reaksi yang tidak diinginkan, seperti kehilangan nutrisi esensial, dan perubahan warna, bau dan rasa. Fakta ini menunjukkan bukan hanya daya tahan makanan yang diperlukan tetapi kualitas juga penting untuk konsumsi masyarakat (Hawa *et al*, 2011).

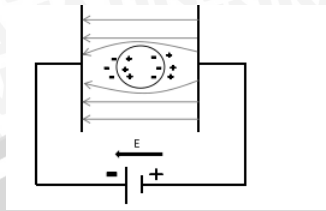
Semakin berkembangnya jaman proses pasteurisasi tidak perlu dilakukan dengan proses termal (pemanasan). Proses pasteurisasi termal kebanyakan akan merusak produk (tekstur, rasa, warna serta sifat fisik lainnya) yang mana dapat menurunkan kualitas produk. Sedangkan proses pasteurisasi non termal masih jarang dilakukan pada industri pengolahan pangan. Pasteurisasi non termal dilakukan tanpa adanya pemanasan untuk membunuh sebagian kuman patogenik. Macam dari pasteurisasi non termal yakni: *Pulsed Electric Field* (PEF), Gelombang ultrasonik, *High Pressure Processing* (HPP) dan sebagainya (Mercardo *et al*, 2007).

2.6 Pulsed Electric Field (PEF)

Pengolahan makanan menggunakan metode *thermal* memiliki banyak dampak negatif, maka diperlukan alternatif menggantikan pengolahan secara konvensional dengan metode pengolahan *non thermal*. Salah satu metode *non thermal* yang sedang dikembangkan adalah menggunakan kejutan listrik tegangan tinggi *Pulsed Electric Field* (PEF). PEF adalah proses

pengolahan bahan pangan yang didasarkan pada aplikasi denyut pendek pada tegangan tinggi (20-80 kV/cm) ke bahan makanan pada suhu kamar atau di bawahnya selama beberapa detik untuk memperkecil kerusakan yang disebabkan oleh pemanasan. Metode ini sangat efektif karena dapat menginaktifkan mikroorganisme sampai 95 % tanpa mengubah warna, bau, dan kandungan gizi dalam waktu yang sangat singkat (Andriawan, 2015). Menurut Nizar (2014), perlakuan PEF melibatkan aplikasi *ultra short pulse* yang berulang dari medan listrik berkekuatan tinggi melalui bahan yang diletakkan diantara elektrode.

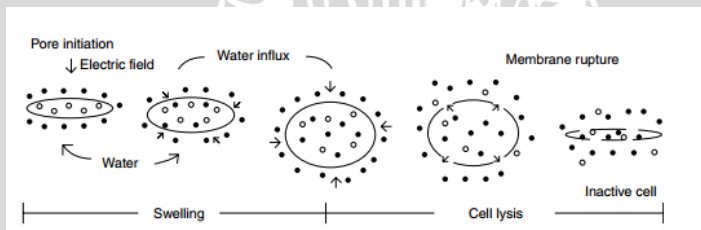
Penerapan PEF (*Pulsed Electric Field*), bahan diberi denyutan selama sekian mikrodetik dengan medan listrik berkekuatan tinggi. Menurut Siemer *et al* (2012), medan listrik ini mempengaruhi membran sel dalam jaringan biologis yang mana akan terbentuknya polarisasi sel. Membran sel berfungsi sebagai pembatas antara intraselular dengan ekstraselular dan juga memiliki fungsi lain sebagai transportasi ions dan makromolekul yang mana terjadi peningkatan hasil permeabilitas dalam pembentukan pori akibat adanya polaritas sel yang mana mempermudah proses difusi. Pemberian kejut listrik tegangan tinggi digunakan untuk mencapai disintegrasi bahan selular. Berikut adalah gambar induksi polarisasi sel yang ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Induksi Polarisasi Sel dengan PEF (Siemer *et al*, 2012)

Teori *Electrical Breakdown* menjelaskan bahwa membran sel dapat diumpamakan sebagai kapasitor yang terisi oleh larutan dielektrikum. Pada kondisi normal, beda potensial yang ada diantara celah tersebut adalah (V) dengan adanya pengaruh medan listrik (E) maka beda potensial antara keduanya meningkat. Kerusakan membran sel akan terjadi apabila beda potensial mencapai titik kritis V_c , yang terjadi apabila terdapat intervensi pengaruh medan listrik yang mencukupi sebesar E dengan banyak medan listrik yang digunakan maka akan terjadi kerusakan permanen akan terjadi pada bahan (Mercado, 2007). Gambaran mekanisme inaktivasi mikroorganisme saat PEF yang akan ditunjukkan pada **Gambar**

6.



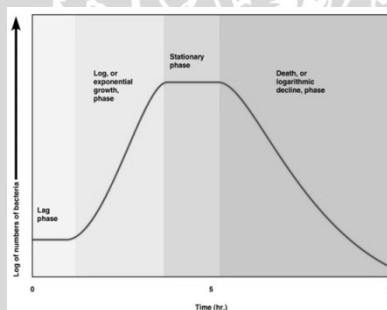
Gambar 6. Mekanisme Inaktivasi Mikrooragnisme saat PEF (Mercado, 2007).

Parameter terpenting yang harus diperhatikan dalam pengolahan dengan metode PEF (*Pulsed Electric Field*), adalah parameter proses yaitu kekuatan kejutan listrik, bentuk dan lebar pulsa, jumlah pulsa, waktu, perlakuan, energi spesifik, suhu, frekuensi dan desain wadah pengolahan (*chamber*). Sel membran bakteri akan mengalami kerusakan yang menyebabkan bakteri tersebut mati jika mendapatkan kejutan listrik lebih besar dari 25 kV/cm dengan lebar pulsa 100–200 ns (Hawa *et al*, 2011). Kekuatan kejutan listrik tergantung pada tegangan pulsa tegangan tinggi yang diberikan pada *chamber*, sedangkan jumlah pulsa tergantung pada lamanya waktu pengolahan. Untuk mendapatkan kejutan listrik yang sesuai untuk inaktivasi mikroorganisme diperlukan pengaturan besarnya pulsa tegangan tinggi yang dapat diberikan pada *chamber* dan juga pengaturan pulsa tegangan tinggi (Hawa *et al*, 2011)

2.6 Penentuan Laju Inaktivasi Mikroba

Pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme lainnya dapat dipelajari dengan mengendalikan pertumbuhannya. Tujuan pengendalian adalah untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan mencegah kontaminasi bakteri yang tidak dikehendaki kehadirannya dalam suatu media. Cara mencegah pertumbuhan mikroorganisme tersebut secara umum terdapat dua prinsip,

yaitu: membunuh mikroorganisme, dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Pertumbuhan dapat didefinisikan sebagai pertambahan jumlah atau volume serta ukuran sel. Pada organisme prokariot seperti bakteri, pertumbuhan merupakan pertambahan volume dan ukuran sel dan juga sebagai pertambahan jumlah sel. Pertumbuhan sel bakteri biasanya mengikuti suatu pola pertumbuhan tertentu berupa kurva pertumbuhan sigmoid (Kusnaldi, 2003). Berikut merupakan kurva pertumbuhan sigmoid yang dapat dilihat pada **Gambar 7.**



Gambar 7. Kurva Pertumbuhan Sigmoid (Maulana, 2012)

Kurva pertumbuhan sigmoid dapat dipisahkan menjadi empat fase utama : fase lag (fase lamban atau lag phase), fase pertumbuhan eksponensial (fase pertumbuhan cepat atau log phase), fase stationer (fase statis atau stationary phase) dan fase penurunan populasi (decline). Fase-fase tersebut mencerminkan keadaan bakteri dalam kultur pada waktu

tertentu. Di antara setiap fase terdapat suatu periode peralihan dimana waktu dapat berlalu sebelum semua sel memasuki fase yang baru (Kusnaldi *et al*, 2003). Rumus *Decimal reduction Time* (DRT) dinyatakan sebagai berikut (Lewis, 1956) ;

$$\frac{dN}{dt} = -kN \quad (1)$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -kt \quad (2)$$

$$\log \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{D} \quad (3)$$

Dimana :

N = Jumlah organisme hidup

N₀= Jumlah mikroba awal

t = waktu perlakuan (menit)

D= Waktu penurunan desimal (menit)

k= Laju reaksi

Decimal reduction Time (DRT) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan atau membunuh mikroba sebanyak 90 % pada tegangan konstan untuk pengolahan bahan makanan cair (sari buah) dengan teknologi kejut listrik tegangan tinggi (PEF) (Hariono, 2007). Nilai D menyatakan ketahanan atau sensitifitas mikroba oleh suatu pemanasan. Jadi semakin besar nilai D suatu mikroba pada suhu tertentu maka semakin tinggi ketahanan mikroba pada suhu tertentu (Liani, 2014).

2.7 Spektrofotometri

Spektrofotometri merupakan salah satu metode analisis instrumental yang menggunakan dasar interaksi energi dan materi. Spektrofotometri dapat dipakai untuk menentukan konsentrasi suatu larutan melalui intensitas serapan pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang yang dipakai adalah panjang gelombang maksimum yang memberikan absorbansi maksimum. Salah satu prinsip kerja spektrofotometer didasarkan pada fenomena penyerapan sinar oleh spesi kimia tertentu di daerah ultra violet dan sinar tampak/*visible* (Jiwandori , 2015).

Menurut Pratama (2014), spektrofotometer visibel adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang di absorpsi oleh sampel. Spektrum ini sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Sinar ultraviolet mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, sementara sinar tampak (*Visible*) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm. Sinar putih mengandung radiasi pada semua panjang gelombang di daerah sinar tampak. Sinar pada panjang gelombang tunggal (radiasi monokromatik) dapat dipilih dari sinar putih (sebagai contoh dengan alat prisma). Warna komplementer merupakan salah satu komponen warna putih yang terjadi penyerapan sehingga sinar yang dihasilkan akan nampak sebagai komplemen warna. Berikut hubungan antara

warna dengan panjang gelombang sinar tampak (visible) akan ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hubungan Antara Warna Dengan Panjang Gelombang Sinar Tampak (Visible)

Panjang Gelombang	Warna yang diserap	Warna Komplementer
400-435 nm	Ungu	Hijau Kekuningan
450-480 nm	Biru	Kuning
480-490 nm	Biru Kehijuan	Orange
490-500 nm	Hijau Kebiruan	Merah
500-560 nm	Hijau	Merah Anggur
560-580 nm	Hijau Kekuningan	Ungu
580-595 nm	Kuning	Biru
595-610 nm	Orange	Biru Kekuningan
610-750 nm	Merah	Hijau Kebiruan

Sumber : Rizky (2014)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Laboratorium Kimia Fakultas Teknologi Pertanian dan Lembaga Sentral Ilmu Hayati Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan pada bulan Agustus-November 2016.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan pasta cabai adalah sebagai berikut:

1. Alat *Pulsed Electric Field* (PEF), sebagai alat pasteurisasi termal
2. Gelas ukur, untuk mengukur volume cairan
3. Gelas kaca, sebagai wadah sari buah yang sebelum dan sesudah dipasteurisasi
4. *Autoclave*, digunakan untuk sterilisasi alat dan bahan
5. *Aluminium foil*, sebagai pelapis penutup botol
6. Pisau, untuk memotong kulit buah nanas dan mengecilkan ukuran daging buah
7. Timbangan digital, digunakan untuk menghitung massa sampel dan media

8. Kompor, berfungsi sebagai alat pemanas
9. Blender, untuk penghancur buah agar menjadi sari buah
10. Panci, sebagai media pemanasan saat pembuatan sari buah nanas
11. Saringan, digunakan untuk menyaring daging buah nanas kasar dan konsentrat ekstrak buah nanas
12. Pengaduk, untuk mengaduk bahan saat terjadi pencampuran gula dengan asam sitrat

Alat – alat yang digunakan dalam analisa penurunan jumlah mikroba dan fisiokimia sari buah nanas dengan menggunakan pasteurisasi PEF adalah sebagai berikut:

1. Tabung reaksi, sebagai tempat larutan atau mereaksikan suatu larutan
2. Penjepit, untuk membantu dalam mengangkat tabung reaksi
3. Pipet ukur, sebagai media membantu mengambil larutan dalam berbagai macam ukuran volume
4. Tabung erlenmeyer, sebagai tempat larutan atau pencampuran larutan
5. pH meter, sebagai alat untuk pengujian pH
6. Cawan petri, media tempat proses menumbuhkan mikroba
7. Termometer, sebagai media pengukuran suhu
8. Inkubator, alat untuk menginkubasi media mikroba

9. Bunsen / spiritus, sebagai media pemanas dan pensterilan saat akan melakukan uji TPC (*Total Plate Count*)
10. Labu Ukur, sebagai alat ukur larutan atau wadah larutan
11. Vortex, sebagai media menghomogenkan larutan
12. Pipet volume , sebagai alat memindahkan larutan yang hanya memiliki satu ukuran volume
13. Colony Counter, mempermudah koloni yang tumbuh setelah diinkubasi dalam cawan
14. *Color reader*, sebagai alat untuk membaca warna dalam produk untuk pengujian warna
15. Viskometer, sebagai alat pengujian viskositas
16. *Hand Refractometer*, sebagai alat pengujian total padatan terlarut
17. Spektrofotometer VIS, sebagai alat mengukur absorbansi sampel

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sari buah nanas adalah sebagai berikut :

1. Buah Nanas, Buah Nanas digunakan sebagai bahan baku utama pada pembuatan sari buah nanas didapatkan dari pasar Blimbing, Malang, Jawa Timur.
2. Alkohol 70 %, sebagai cairan sterilisasi pembersihan alat yang digunakan didapatkan dari CV.Makmur Sejati Malang

3. Aquades, sebagai cairan untuk membilas alat yang telah digunakan didapatkan dari CV.Makmur Sejati Malang
4. Air Mineral, sebagai pelarut sari buah nanas
5. Gula, sebagai bahan tambahan (pemanis)
6. Asam Sitrat, sebagai pengemulsi (penyeimbang *flavour*)

Bahan – bahan yang digunakan dalam proses analisa antara lain :

1. PCA / *Plate Count Agar* (Merck), media untuk menghitung jumlah total dari mikroorganisme sudah dilakukan sejak lama
2. Aquades, sebagai media pengencer
3. Amilum (1%), sebagai bahan indikator dalam pengujian vitamin C
4. Iodin 0.01 N, sebagai bahan pereaksi untuk memperlihatkan jumlah vitamin C
5. Asam Askorbat, bahan indikator dalam pengujian vitamin C
6. BPW / *Buffered Pepton Water* (Merck), larutan pengencer dimana merupakan larutan yang digunakan untuk mengencerkan media
7. Fenol 5%, sebagai bahan indikator dalam pengujian total gula
8. H_2SO_4 , sebagai bahan dalam pengujian total gula
9. *Anthrone*, bahan dalam pengujian total gula

3.3 Metode Penelitian

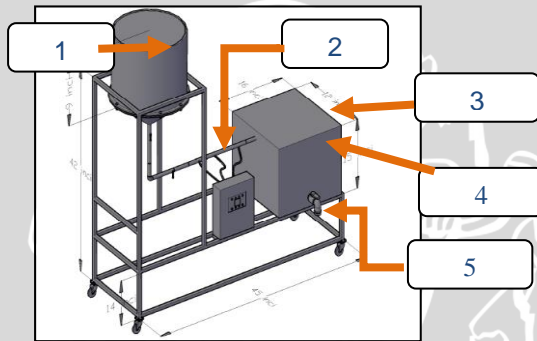
Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor yaitu tegangan (V) dan frekuensi (F) pada proses pasteurisasi *non-thermal pulsed electric fields* (PEF). Faktor 1 yakni tegangan yang terdiri 3 taraf dan frekuensi yang terdiri 4 taraf sehingga diperoleh 12 kombinasi perlakuan. Masing-masing kombinasi perlakuan dilakukan 2 kali pengulangan sehingga ada 24 satuan percobaan. Dengan faktor pembandingnya yaitu kontrol (tanpa dilakukan proses pasteurisasi) dan pasteurisasi termal. Berdasarkan kedua faktor perlakuan tersebut, maka didapatkan 12 kombinasi, perlakuan penelitian ditunjukkan pada **Tabel 4**

Tabel 4. Kombinasi Perlakuan.

Tegangan	Frekuensi			
	F ₁ (10 kHz)	F ₂ (20 kHz)	F ₃ (30 kHz)	F ₄ (40 kHz)
V ₁ (20 kV)	V ₁ F ₁	V ₁ F ₂	V ₁ F ₃	V ₁ F ₄
V ₂ (30 kV)	V ₂ F ₁	V ₂ F ₂	V ₂ F ₃	V ₂ F ₄
V ₃ (40 kV)	V ₃ F ₁	V ₃ F ₂	V ₃ F ₃	V ₃ F ₄

3.3.1 Rancangan Alat Penelitian

Proses *Pulsed electric field* sistem kontinu memiliki rangkaian yaitu 3 buah chamber. PEF menggunakan sistem gravitasi yang mana bahan di lewatkan ke chamber yang lain menggunakan pompa tekan. Berikut gambar teknik dari alat pasteurisasi *non thermal* dengan PEF Sistem Kontinu yang akan ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Gambar teknik pasteurisasi *non thermal* PEF

Rancang bangun alat pasteurisasi *non thermal* dengan PEF Sistem Kontinu terdiri dari lima komponen utama, yaitu:

1. Sumber tegangan DC
2. PEF Sistem Kontinu , terdiri dari instrumen pembangkit frekuensi berupa sinyal sinusoida dan rangkaian penguat sinyal.
3. Rangkaian pipa dan rangka penyangga,

4. Wadah bahan sebagai tempat menampung sari buah,
5. Ruang perlakuan sebagai tempat terjadinya proses pasteurisasi.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Proses pembuatan sari buah nanas menggunakan prosedur modifikasi dari artikel Badan LIPI (Lembaga Ilmu Pengatahuan Indonesia) (2009) dan untuk proses pasteurisasi *non-termal* PEF (*Pulsed Electric Field*) menggunakan prosedur penelitian Liani (2014) . Prosedur kerja pengaruh tegangan dan frekuensi pada proses pasteurisasi *non-termal* PEF (*Pulsed Electric Field*) sari buah nanas adalah sebagai berikut :

3.4.1 Sterilisasi Alat

Semua alat-alat seperti saringan, gelas ukur, panci, pisau, blender dan sendok, dicuci dengan menggunakan sabun dan air hingga bersih. Kemudian alat-alat yang telah dibersihkan tersebut dikeringkan dengan menggunakan tissue roll. Tabung reaksi, cawan petri, gelas kaca, botol kaca, dilakukan sterilisasi mengenakan *autoclave*.

3.4.2 Persiapan Bahan Sampel

Buah nanas digunakan sebagai bahan baku utama pada pembuatan sari buah nanas didapatkan dari pasar Blimbing, Malang, Jawa Timur. Bahan sampel dikupas kulit buah dan dibersihkan dengan melakukan pencucian dengan

air kemudian membuang kulit buah dan kotoran pada buah nanas.

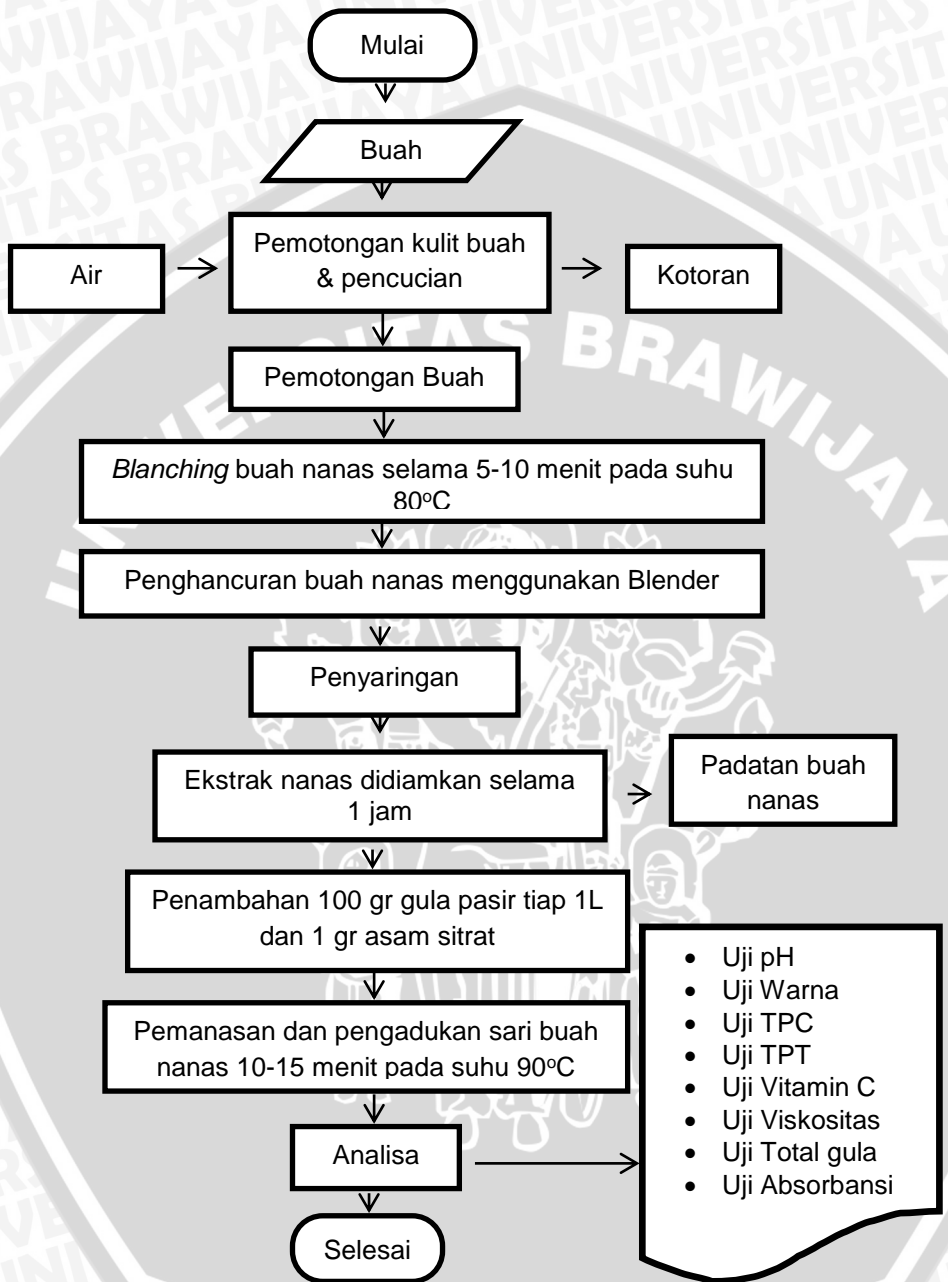
3.4.3 Proses Pembuatan Sari Buah Nanas

Buah nanas yang telah dicuci dan dihilangkan kulit buah dilakukan pemotongan ukuran buah nanas yang mana berfungsi mempermudah proses penghancuran buah nanas (Buah nanas di potong menjadi 4 bagian). Buah nanas yang telah bersih dilakukan *blanching* atau pengukusan buah nanas yang berfungsi untuk menghilangkan lendir dan gas dalam jaringan tanaman dan memperbaiki warna produk) ini dilakukan selama 5-10 menit dengan suhu 80°C.

Setelah buah nanas dipotong maka dilakukan pengahancuran buah nanas menggunakan blender / *juicer* sehingga mendapatkan ekstrak buah nanas, untuk penambahan air sebanyak 1 L kemudian ekstrak buah nanas dilakukan pengenceran dengan menambahkan air matang dengan perbandingan 1 :1 yaitu 1 air mineral : sari buah nanas. Ekstrak buah nanas dilakukan penyaringan dengan menggunakan kain saring. Penyaringan berfungsi untuk memisahkan padatan buah nanas dan cairan buah nanas untuk memperoleh hasil cairan yang lebih maksimal maka hasil saringan dilakukan pendiaman selama 1 jam hingga terbentuk endapan padatan yang kemudian bagian yang jernih diambil (bagian sari nanas).

Sari buah nanas ditambahkan gula 100 gr takaran sari buah setiap 1 L dan asam sitrat 1 gr dalam yang kemudian dilakukan pemanasan kedua, proses pemanasan ini berguna untuk memaksimalkan bahan tambahan agar lebih cepat bercampur dengan sari buah nanas selama 10-15 menit pada suhu 90°C. Sebelum dilakukannya proses pasteurisasi *non-thermal* PEF (*Pulsed Electric Field*) dilakukan proses analisa sebagai sampel kontrol. Diagram alir pembuatan sari buah nanas dapat dilihat pada **Gambar 9**.



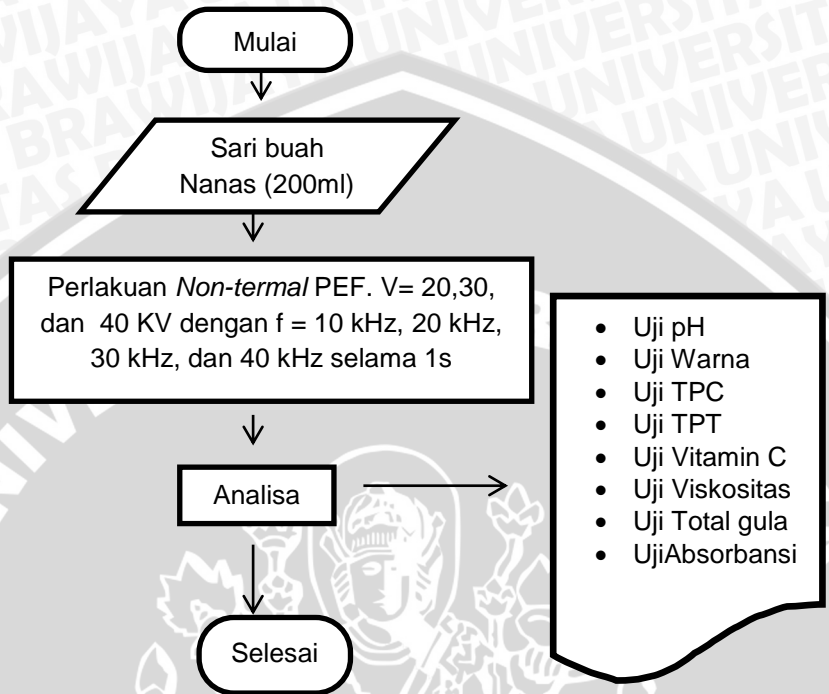


Gambar 9. Diagram Alir Pembuatan Sari Buah Nanas

3.4.4 Proses Pasteurisasi *Non-thermal* PEF (*Pulsed Electric Field*) Sistem Kontinyu

Sari buah nanas diletakkan pada chamber pertama setelah itu alat PEF dihubungkan arus listrik. Rangkaian elektroda yang terdapat *display* akan nyala, kemudian dilakukan pengaturan tegangan dan frekuensi. Diketahui pemberian tegangan pada penelitian ini yakni : 20 kV, 30 kV, 40 kV dan pemberian frekuensi sebesar : 10 kHz, 20 kHz, 30 kHz, 40 kHz. Setelah pengaturan tegangan dan frekuensi, menyalakan alat PEF dengan menekan tombol ON.

Setelah 1 detik kran output dibuka dan tempatkan botol tepat dibawah kran output. Botol yang digunakan sebagai wadah hasil akhir produk sebelumnya dilakukan sterilisasi. Setelah mendapatkan sari buah nanas yang telah dipasteurisasi, tutup botol akan ditutup dengan aluminium foil agar tidak terkontaminasi dengan lingkungan. Setiap dilakukan pengulangan dilakukan pembersihan ruang perlakuan (*chamber*) dengan alkohol 96 %. Diagram alir proses pasteurisasi *non-thermal* PEF (*Pulsed Electric Field*) sistem kontinyu dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

3.5. Pengamatan dan Analisa Data

Pada penelitian kali ini menggunakan media PEF sebagai pasteurisasi sari buah nanas dengan faktor yakni pengaruh tegangan dan frekuensi terhadap karakteristik fisiko-kimiawi dan penurunan jumlah mikroorganisme. Parameter produk yang diamati pada penelitian ini adalah : TPC, Vitamin C, pH, Total Gula, TPT (Total Padatan Terlarut), Absorbansi, Viskositas, Warna, Neraca Massa dan Neraca Energi. Prosedur Analisa dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Data yang diperoleh akan dianalisis dengan analisis sidik ragam *Two-Way ANOVA* dengan bantuan SPSS versi IMB Stastistik 16. Hal ini untuk mengetahui beda nyata atau tidak pada setiap faktor. Apabila hasil uji menunjukkan ada pengaruh beda nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan BNT dengan selang kepercayaan 5%. Jika ada interaksi antara kedua faktor, maka akan diuji dengan menggunakan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan selang kepercayaan 5%.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

